



Universidad de
San Andrés

Escuela de Negocios

Licenciatura en Administración de Empresas

**Industria 4.0: Impacto de la Inteligencia
Artificial y el Internet of Things en las
Cadenas de Suministro**

Alumno: Trinidad Álvarez Vanoli (29173)

Mentor: Pablo Sciolla

Buenos Aires, 27/12/2021

Abstract

La administración de las cadenas de suministro es un campo en constante evolución, que reacciona y se adapta al entorno. Como producto de esto, hace algunos años, surgió la llamada Industria 4.0, caracterizada principalmente por la conexión entre el mundo físico y el digital, a través de objetos y sistemas inteligentes.

Este trabajo se enfoca en cómo dos de las principales tecnologías de la Industria 4.0, el Internet of Things y la Inteligencia Artificial, pueden impactar en los procesos de las empresas industriales.

El análisis del impacto se realiza a partir de tres ejes. El primero, sobre cómo y para qué tareas se pueden aplicar estas tecnologías en los procesos de las cadenas de suministro. El segundo, plantea el efecto que la implementación de estas tecnologías tiene en los trabajadores involucrados en los procesos. El tercero, más enfocado en la gestión del cambio organizacional.

Para poder desarrollar este análisis se realiza, primero, una revisión de conceptos y bibliografía del tema. Luego, se estudian casos de empresas con buenas prácticas en cuanto a cadena de suministro y tecnología. Por último, se presenta un proceso específico de una empresa para analizar cómo podrían aplicarse el IoT y la Inteligencia Artificial.

Se llega a la conclusión de que la Industria 4.0 plantea desafíos y oportunidades para las empresas industriales, que deberán incorporar los nuevos conceptos de la mejor manera para ser exitosas en el nuevo contexto. Además, se proyecta que se seguirán dando revoluciones de este tipo, por lo que las empresas deben cambiar su cultura para convertirse en organizaciones ágiles preparadas para adaptarse constantemente.

Abstract	2
Introducción	6
Industria 4.0	6
Mundo industrial	6
Cadenas de Suministro	7
Metodología de estudio	9
Preguntas y objetivos de investigación	9
Tipo de estudio	9
Estudio de caso	10
Tipos de datos y recolección	10
Justificación de las razones del estudio	10
Marco teórico	12
Cadena de Suministro	12
Industria 4.0	12
Internet de las Cosas	14
Inteligencia Artificial	14
Machine Learning y Deep Learning	15
Benchmarks	15
Buenas prácticas en el extranjero	15
Colgate-Palmolive	16
L'Oreal	17

Repsol	19
Buenas prácticas en Argentina	20
Pepsico	20
Siemens	21
Andreani	22
Estudio de caso	23
Descripción de la empresa	23
Presentación del proceso a analizar	25
Análisis de aplicación de IoT e Inteligencia Artificial en el proceso	26
Análisis del impacto de la implementación de las tecnologías en las cadenas de suministro	29
Impacto en las operaciones	29
Impacto en los trabajadores	29
Gestión del cambio	30
Conclusión	32
Conclusiones del trabajo	32
Desafíos y futuro	32
Bibliografía	34
Anexos	42
Anexo 1	42
Anexo 2	42
Anexo 3	43



Universidad de
San Andrés

Introducción

Industria 4.0

En el mundo se está hablando de una cuarta revolución industrial, la “Industria 4.0”, que está definida como la integración entre tecnologías de la información y de comunicaciones con las tecnologías utilizadas en las industrias (Zhou, Liu and Zhou en Ben-Daya, Hassini y Bahroun, 2017). El objetivo de esta revolución es que los procesos de las industrias se vuelvan más inteligentes, adaptables y eficientes (Jasiulewicz-Kaczmarek, Saniuk y Nowicki en Da Silva, Kowaleski & Pagani, 2018).

Para lograr una Industria 4.0 exitosa, (Gebhardt, Grimm y Neugebauer & Haddara y Elragal, en Da Silva, Kowaleski y Pagani, 2018) plantean que debe haber una integración efectiva entre personas, procesos, equipos y productos. Así, se generará una ventaja competitiva para las empresas basada en la eficiencia de costos y tiempo, o en mejoras en la calidad de los productos.

Una de las tecnologías base de la Industria 4.0 es el Internet de las Cosas (IoT a partir de ahora) (Ben Daya et al., 2017). Esta tecnología genera un nuevo nivel de visibilidad, agilidad y adaptabilidad en las cadenas de suministro, que mejora las condiciones de las empresas para reaccionar ante desafíos del mercado gracias a que se reduce el tiempo entre la obtención de datos y la toma de decisiones (Ellis, Morris y Santagate en Ben Daya et al., 2017).

En esta misma línea, Haddud (2017) plantea que el uso de IoT genera un cambio de paradigma en cómo se piensa la cadena de suministro. Según el autor, se pasa de actuar de manera reactiva a un modo predictivo en relación con los desafíos que puedan aparecer, mejorando el desempeño operacional.

Sumado a esto, MacDougall en Lampropoulos, Siakas y Anastasiadis (2019), habla de una transición de industria “centralizada” a “descentralizada”, haciendo referencia a que los objetos inteligentes pueden conectarse entre sí con independencia y autonomía, y establecer relaciones dinámicas.

Mundo industrial

La Industria 4.0 no es algo aislado y externo a la situación previa a la revolución, sino que surge como una respuesta a las necesidades existentes en el mundo industrial. Witkowski (2017) explica que las compañías se ven obligadas a innovar para adaptarse al entorno. Llega a la conclusión de que la innovación no es algo que suceda en el corto plazo, sino que es un proceso en el cual se crea algo totalmente nuevo, o en el que se transforma algo preexistente.

Según un estudio hecho por *Forrester Consulting* en nombre de Zebra Technologies (Adamczewski, 2015 en Witkowski, 2017) cerca del 90% de las compañías de logística y del sector de transporte ya habían implementado, o iban a implementar en el año siguiente, soluciones de IoT. Además, más de la mitad de los encuestados creían que el IoT iba a mejorar las cadenas de suministro.

Pfohl, Yahsi y Kurnaz (2015), afirman que la Inteligencia de Negocio va a impactar en las actividades de la cadena de suministro a través de oportunidades de reducción de costos y con el aumento de la transparencia de los procesos.

Christopher y Lee (2004) advierten sobre el riesgo de que no exista confianza en la cadena de suministro y se apliquen criterios subjetivos de las personas involucradas, distorsionando lo que una vez fue planificado. Como solución a este problema, los autores recalcan la importancia de la visibilidad y el control. Es decir, compartir la información entre todos los eslabones de la cadena y contar con la capacidad de accionar de manera rápida en cualquier momento del proceso para responder a las necesidades que puedan surgir.

Cadenas de Suministro

Como se dijo anteriormente, la Industria 4.0 surge como respuesta a determinadas necesidades, por ejemplo, en materia de administración de las cadenas de suministro.

Por un lado, Dwayne Whitten, Green y Zelbst (2012) hacen referencia a Lee (2004) quien propone que las cadenas de suministro deben ser ágiles, adaptables y estar alineadas con la estrategia de la empresa. Si se cumplen las

tres cualidades, explica, mejorará su capacidad para responder a las demandas de los clientes.

Por otro lado, Sanders, Elangeswaran y Wulfsberg (2016) presentan el concepto de producción esbelta. Esto hace referencia a que el sistema de producción se enfoque en la generación de valor para los clientes, a través del aumento de la productividad y la reducción de los desperdicios. Según estos tres autores, las tecnologías que surgen en el marco de la Industria 4.0 pueden integrarse con el sistema de producción esbelto para lograr una administración de la producción exitosa.

En ambos casos se observa una tendencia a pensar la estrategia de las cadenas de suministro desde el cliente y que la flexibilidad es clave para lograrlo. Las tecnologías de la Industria 4.0 pueden jugar un rol importante en las cadenas de suministro para alcanzar esos objetivos.

Sintetizando, la Industria 4.0 es una situación que surge como respuesta a necesidades del mundo industrial, y plantea oportunidades y desafíos.

Metodología de estudio

Preguntas y objetivos de investigación

En base a la situación planteada, este trabajo buscará responder ¿cómo puede impactar el IoT combinado con Inteligencia Artificial en la cadena de suministro de empresas industriales? Para estructurar el trabajo se plantean tres subpreguntas:

- ¿Cómo los datos generados por el IoT pueden ser procesados por Inteligencia Artificial para aumentar la agilidad y eficiencia de las cadenas de suministro?
- ¿Cómo cambia la manera de diseñar y administrar la cadena de suministro a partir del uso de estas tecnologías?
- ¿Qué impacto tiene la aplicación de estas tecnologías en el rol, perfil y formación de los trabajadores involucrados en las cadenas de suministro?

En otras palabras, el objetivo del trabajo es estudiar el impacto que puede tener el uso del IoT y de la Inteligencia Artificial en la cadena de suministro de empresas industriales a través de revisión de bibliografía, casos de éxito y un potencial caso de aplicación.

Primeramente, se buscará estudiar el IoT y la Inteligencia Artificial desde una mirada empresarial, específicamente apuntando a su utilización dentro de las cadenas de suministro. Luego, se presentarán maneras concretas en que diferentes empresas aplican estas tecnologías y el impacto que tuvieron. Por último, se analizará la factibilidad de la aplicación de las tecnologías en un caso específico.

Tipo de estudio

Este trabajo será de tipo exploratorio y cualitativo. Se buscará, a partir de teoría existente e investigación, descubrir el impacto que pueden tener el IoT y la Inteligencia Artificial en las cadenas de suministro. La forma de pensar el trabajo será mayormente deductiva, ya que se intentará comprobar la hipótesis

de que el IoT combinado con Inteligencia Artificial lleva a una mejora en el rendimiento de las cadenas de suministro industriales.

Estudio de caso

Para estudiar el tema, además de realizar una revisión bibliográfica, se presentará un estudio de caso. A través del estudio específico de un proceso parte de la cadena de suministro de una empresa, se intentará definir la manera en que las tecnologías de la Industria 4.0 podrían intervenir y qué efecto tendría esto en la organización.

El estudio de caso servirá para comprender mejor los temas del trabajo y pasar de una mirada puramente teórica a una más práctica. Por esto se puede decir que el estudio de caso se usará con un fin instrumental, para comprender mejor los conceptos teóricos.

Tipos de datos y recolección

La información provendrá, por un lado, de fuentes secundarias como trabajos de investigación y artículos académicos. Por otro lado, para el estudio de caso, se realizarán entrevistas a participantes del proceso elegido. Estas entrevistas tendrán la intención de conocer el funcionamiento de la cadena de suministro de la empresa y el estado real del tema tratado en el trabajo para realizar un análisis fundamentado.

Justificación de las razones del estudio

Claro está que el mundo industrial está atravesando cambios importantes. Y la administración de las cadenas de suministro no es estática, sino que va adaptándose y evolucionando (MacCarthy *et al.*, en Garay Rondero, Martínez Flores, Smith, Caballero Morales y Aldrette-Malacara, 2019). Por lo tanto, se justifica la realización de un análisis sobre cómo una situación contextual puede impactar en las cadenas de suministro.

En cuanto a trabajos previos, Schniederjans, Curado y Khalajhedayati (2019) plantean que falta conocimiento sobre el manejo de los datos generados,

almacenados y procesados a partir de la digitalización de la industria, para concretar un fin estratégico a partir de la cadena de suministro.

Martins, Simon y Campos (2020), apoyan la idea de que las tecnologías que aparecen con la Industria 4.0 podrían generar un aumento en el rendimiento de las cadenas de suministro y, en consecuencia, mejorar la competitividad de la empresa. No obstante, creen que existe una falta de identificación y descripción del impacto.

Pfohl, Yahsi y Kurnaz, T. (2015) presentan una matriz sobre los trabajos de investigación existentes relacionados a la Industria 4.0 ([anexo 4](#)). En ella podemos ver que la mayoría de los trabajos se enfocan en cómo implementar las tecnologías a nivel operativo de manera cualitativa. En el otro extremo, según su matriz, no hay trabajos de investigación puramente cuantitativos a nivel *management*. En el medio de la matriz, encontramos dos tipos de estudios de los cuales existe un pequeño porcentaje de investigación. Por un lado, están los cuantitativos a nivel operativo y, por otro, los cualitativos a nivel *management*.

Este trabajo se ubicaría en este último sector, ya que pretende realizar un estudio estratégico sobre cómo todos esos datos que generan las cadenas de suministro pueden ser procesados para convertir la administración de la cadena de suministro en una ventaja competitiva para las empresas.

Marco teórico

Cadena de Suministro

Para comenzar es necesario definir qué es la cadena de suministro de una empresa. Según Krajewski, Ritzman y Malhotra (2008) es “la red de servicios, materiales y flujos de información que vincula los procesos de relaciones con los clientes, surtido de pedidos y relaciones con los proveedores de una empresa con los procesos de sus proveedores y clientes” (p.372). Es decir que involucra múltiples recursos que deben ser administrados para que la empresa opere. Esta administración, siguiendo con los autores mencionados, debe ser planteada estratégicamente de acuerdo con las prioridades de la compañía.

Si bien toda empresa, sea manufacturera o de servicios, debe tener en cuenta la administración de la cadena de suministro, en este trabajo nos enfocaremos en las manufactureras. En este tipo de empresa, Krajewski et al. (2008) explican que el manejo de los inventarios es fundamental y que la administración de la cadena de suministro se torna un elemento competitivo importante.

Industria 4.0

La Industria 4.0 es la confluencia de varias tecnologías, tanto *digital technologies*, como nuevos materiales y procesos (OECD en Koh, Orzes & Jia, 2019). Pero no se trata simplemente de la combinación de estos elementos, sino de la manera en que se manejan y comparten las demandas de los clientes, los recursos y la información para desarrollar un mejor producto o servicio, más eficiente, rápido, económico y sustentable (Spath en Koh, Orzes y Jia, 2019). Por eso, la Industria 4.0 obliga a repensar cómo se producen, distribuyen, venden y utilizan los productos y servicios en las cadenas de suministro para que de verdad haya una evolución en las operaciones (Koh, Orzes y Jia, 2019).

Weyer *et al.* en Koh, Orzes y Jia (2019) nombran tres ejes que conforman la Industria 4.0. El primero son los productos inteligentes, es decir, que están conectados a internet y pueden almacenar datos e informar. El segundo son las

máquinas inteligentes, la comunicación entre máquinas y su capacidad de resolver problemas y tomar decisiones. Por último, el tercer paradigma que explican los autores es el de “*augmented operator*”, que hace referencia al rol de soporte que dan las tecnologías a los trabajadores, volviendo su trabajo más flexible y adaptable.

A partir de estos tres ejes, Koh, Orzes y Jia (2019) resumen seis principios, establecidos a partir de diferentes investigadores, que deberían considerarse al plantear una estrategia de Industria 4.0

Primeramente, mencionan la interoperabilidad, que, en palabras de los autores citados en el trabajo, es la habilidad de distintos sistemas de comunicarse y entenderse entre sí, usando las funcionalidades de los otros.

El segundo principio es la virtualización, utilizada para generar modelos de objetos físicos, para que los dispositivos puedan monitorear, y realizar análisis de riesgos y posibles fracasos.

En tercer lugar, aparece la descentralización. Esto implica, según los autores, que diferentes partes, ya sean máquinas, compañías o dispositivos, tomen decisiones de manera independiente, sin responder a un ente central.

El cuarto principio que mencionan es la capacidad de recolectar, analizar y transmitir datos en tiempo real.

Como quinto principio aparece la orientación al servicio, que implica tener en cuenta las necesidades del usuario desde el comienzo del proceso.

Como sexto y último principio de la Industria 4.0, está la modularidad, es decir que la producción sea a partir de estándares, para que las distintas partes puedan ser armadas, reemplazadas y expandidas según las necesidades del momento a un menor costo, otorgando mayor capacidad de adaptación a los sistemas de producción.

Resumiendo, en palabras de Taliaferro, Guenette, Agarwal y Pochon (2016), lo que se conoce como Industria 4.0 es la integración de tecnologías de la información y de operaciones, generando una conexión de lo físico a lo digital y de lo digital a lo físico. Se captura información del mundo físico, se crean registros digitales de las operaciones físicas, se comparte y analiza información,

y se aplican tecnologías para transformar decisiones y acciones del mundo digital en movimientos en el mundo físico (Taliaferro, Guenette, Agarwaly Pochon, 2016).

Internet de las Cosas

Según Lampropoulos, Siakas y Anastasiadis (2019), el IoT, o, más específicamente, el Internet Industrial de las Cosas (IIoT desde ahora) es una de las principales tecnologías de la Industria 4.0. Es más, sugieren que, junto con la digitalización y la automatización de la producción industrial, fueron los desencadenantes de la cuarta revolución industrial. Estos autores explican que, con el IoT se vincula el mundo físico con el digital, con los objetos convirtiéndose en participantes activos de su entorno y no necesariamente requiriendo de un humano para reaccionar o responder en tiempo real (Atzori et al. & Vermesan et al. en Lampropoulos, Siakas y Anastasiadis, 2019).

Para sintetizar, el “IoT es la interconexión digital de objetos cotidianos con internet. Permite el cambio automático de información [...] sin intervención humana, capturando gran cantidad de información clave sobre uso y rendimiento” (López Garzón y Cárdenas López, 2019, p. 75).

Inteligencia Artificial

El objetivo de la Inteligencia Artificial (IA) según López de Mántaras Badia y Meseguer González (2017) es “lograr que una máquina tenga una inteligencia de tipo *general* similar a la humana” (p. 7). Para esto, explican que numerosos investigadores se han dedicado a explorar el funcionamiento del cerebro humano y armar modelos que intentan asemejarse a este sistema. Mencionan a Alan Turing, quien manifestó la importancia del aprendizaje automático en el desarrollo de la IA. Este científico planteaba que no había que buscar imitar la mente de un adulto sino la de un niño, con capacidad de aprender.

Además, diferencian la IA débil de la IA fuerte. Explican que la IA débil es aquella que se comporta de manera inteligente solo en un ámbito específico, mientras que la IA fuerte implica inteligencia general y es la que se asemeja a la forma de pensar de los humanos.

Machine Learning y Deep Learning

Amaba, Clark, Cross, y McMahon (2020) ubican al *Machine Learning* dentro de la IA. Si bien explican que la IA puede alcanzarse sin *Machine Learning*, este último es lo que permite enseñar a las computadoras a aprender de experiencias pasadas a partir de datos.

Machine Learning es, según Goodfellow, Bengio y Courville (2016) la capacidad de los sistemas de Inteligencia Artificial de extraer patrones a partir de datos para adquirir su propio conocimiento. Dentro de lo que abarca *Machine Learning*, aparece el *Deep Learning*, en el que, según estos tres autores, la manera de entender el mundo es a través de la jerarquización de conceptos. Es decir, construyendo conceptos complejos a partir de otros más sencillos.

Para resumir, Amaba, Clark, Cross y McMahon (2020) sintetizan los tres conceptos explicados a través de un gráfico que puede verse en el [Anexo 1](#). En él explican que la IA es un programa que puede sentir, razonar, actuar y adaptarse. Si a esto se le suma que pueda mejorar su rendimiento al ser expuesto a más datos, se habla de *Machine Learning*. Finalmente, en el centro del diagrama, está el *Deep Learning* definido como una clase de *Machine Learning* en el cual se utilizan grandes cantidades de datos para aprender a través de redes estructuradas en múltiples niveles.

Benchmarks

Antes de comenzar con el análisis del estudio de caso, se presentarán ejemplos de buenas prácticas relacionadas con la Industria 4.0 como referencia de las posibilidades que existen en el área.

Buenas prácticas en el extranjero

En cuanto a casos en el extranjero, se seleccionaron tres empresas: Colgate-Palmolive, L'Oreal y Repsol. Los ejemplos elegidos ilustran distintos aspectos de lo explicado hasta el momento sobre la Industria 4.0, incluyendo lo puramente tecnológico, los temas organizacionales y de recursos humanos, e incluso, la sustentabilidad.

Colgate-Palmolive

Colgate-Palmolive es una de las empresas líderes de productos de cuidado personal en el mundo (Kantar Millward Brown, 2020). En 2020 contaba con 34200 empleados alrededor del mundo (Colgate-Palmolive, 2021). En ese mismo año, su facturación fue de 16471 millones de dólares estadounidenses (Colgate-Palmolive, 2021). Además, aparece en el segundo lugar en el top 25 de cadenas de suministro de 2021 realizado por Gartner.

Dado el tamaño de la empresa, es de esperar que se hayan estado desarrollando procesos de modernización de las operaciones. En un informe realizado por el APQC (American Productivity & Quality Center) en 2017, que contó con una entrevista a Andres Bejarano, director de Rendimiento y Fiabilidad de fábrica para la cadena de suministro global de Colgate-Palmolive, exponen sobre el impacto que tuvo la digitalización en el proceso de estandarización de su cadena de suministro iniciado en 2006.

Al momento del informe, Colgate-Palmolive ya estaba aplicando varias tecnologías y evaluando otras. Por ejemplo, algunas de las que se mencionan son: sensores, robots, paletizadores automáticos, RFID, impresión 3D y algunos *wearables* como lentes inteligentes para realizar controles a distancia.

Para su estrategia de mejora de la cadena de suministro, se basan en dos pilares: automatización y analítica de datos.

Por un lado, en relación a la automatización, se utilizan robots industriales de manera generalizada y se encuentran expandiéndose a robots colaborativos y vehículos de guiado automático. Gracias a tener procesos completamente automatizados, una persona puede supervisar varios pisos de las fábricas o varias líneas de producción al mismo tiempo.

Por otro lado, en cuanto a la parte analítica, el informe destaca que se almacenan todos los datos provenientes de sus sistemas en bases de datos para procesarlos y que se vuelvan relevantes para la toma de decisiones. La información procesada es utilizada por múltiples actores de la cadena de

suministro, tanto para la toma de decisiones diarias como para el seguimiento del rendimiento de los procesos.

En cuanto a los KPI que utilizan para medir el desempeño de su cadena de suministro, Colgate-Palmolive se enfoca, entre otras cosas, en el costo de conversión, eficiencia de utilización de activos y movimientos de inventario.

Al momento del informe de APQC (2017), la empresa ya obtenía beneficios del proceso en cuanto a alineación y visibilidad en su cadena de suministro global. Además, se encontraban en la dirección de reducción de costos, aumento de la excelencia operacional y de cambio de mentalidad, fomentando la cultura basada en los datos.

Andres Bejarano, en la entrevista para el informe, presentó otra arista de la digitalización de la cadena de suministro, que es la de los perfiles de las personas involucradas. Para que la aplicación de nuevas tecnologías sea aprovechada en todo su potencial, se requiere una adaptación de los trabajadores. En esa línea, explica que en un principio se enfocaron en este aspecto para generar una cultura organizacional ágil, lista para la adopción de nuevas tecnologías y preparada para implementar cambios de manera rápida, aprovechando las oportunidades que se presentan. Por eso, han trabajado en la creación de nuevos procesos de capacitación y desarrollo.

L'Oreal

L'Oreal es la marca con más valor en la industria de cosméticos mundial (Brand Finance, 2021), además de ubicarse en el puesto número nueve del ranking de cadenas de suministro de Gartner mencionado anteriormente. A nivel mundial, sus ventas en el año 2020 fueron de 27992 millones de euros (L'Oreal, 2021), con 85087 empleados (L'Oreal, 2021).

Además de estar aplicando tecnologías para automatizar y optimizar los procesos, L'Óreal se destaca, como en el caso de Colgate-Palmolive, por haber logrado una integración entre las nuevas tecnologías y sus empleados.

Por ejemplo, en el reporte anual de 2018 de la empresa, aparece el caso de un operario de una planta de L'Oreal en Bélgica que, al detectar una saturación en la línea de producción de un producto, tomó la iniciativa de participar, junto con el departamento de operaciones, en la creación de una aplicación móvil para simplificar y digitalizar el proceso productivo de este producto (L'Oreal Groupe, 2019). Este operario cuenta que la aplicación permite ser más organizados y eficientes, lo que reduce el tiempo de producción y aumenta la calidad. Destaca también la importancia de la participación de los empleados de la planta en la detección de oportunidades y la generación de un clima de prueba y error para lograr las mejores soluciones.

En cuanto a tecnologías aplicadas en la producción, se destaca la implementación de "cobots" (L'Oreal, 2017), que tiene relación con el concepto de *augmented operator* mencionado anteriormente, ya que son robots móviles que asisten a los operarios en determinadas etapas de los procesos de producción. Además, estos robots generan datos constantemente, que luego sirven para realizar análisis de rendimiento.

En la misma planta de Bélgica que se nombra antes, implementaron vehículos de guiado automático (Essencia, de 2016) para aumentar la productividad de los flujos de la línea de empaquetamiento.

En 2008, la empresa instauró una política de excelencia operacional para optimizar la producción global y aumentar la producción. Según su reporte anual de 2017, esta iniciativa generó un crecimiento del 20% en la producción global desde 2008 hasta el momento del reporte.

Además de buscar la agilidad y eficiencia en cuanto a tiempos y costos, en L'Oréal se alinea el proceso de digitalización con su estrategia de sustentabilidad, manteniendo su huella de carbono estable desde 2008 independientemente del aumento en el volumen de producción. Como es el caso de la planta en Burgos, España (L'Oréal Groupe, 2019)

Es un ejemplo de buena práctica de aplicación de innovaciones porque tiene en cuenta no solo la inversión en tecnología, sino también la necesidad de que los participantes del proceso estén involucrados y detecten los puntos de

mejora. Además, tanto en los ejemplos de los operarios de Bélgica, como en las políticas más globales, siempre mencionan el trabajo en conjunto con terceros involucrados en el proceso como compañías de transporte, fabricantes de equipos, etc. para lograr los mejores resultados.

Repsol

La tercera empresa que se utilizará como ejemplo de buenas prácticas en el exterior es Repsol. Según Ransbotham (2020), Repsol es un ejemplo correcto de implementación del aprendizaje continuo y de Inteligencia Artificial.

Este autor comenta que el 70% de los proyectos de transformación digital que implementaron en Repsol desde 2018 hasta el momento en el que se escribió el informe, incorporan de alguna manera la inteligencia artificial. Además, según el Informe de Gestión Integrado de la empresa de 2020, la tecnología es clave para el futuro de la empresa. Esperan que para 2022 el impacto de sus proyectos de digitalización supere los 800 millones de euros anuales. En cuanto a los objetivos de estos proyectos, es relevante para el trabajo el de hacer más ágil y esbelta la cadena de valor.

Pero para que la IA funcione correctamente y se logren los resultados esperados, Repsol tuvo que adaptarse para el aprendizaje continuo. En el reporte mencionado anteriormente, presentan un plan de gestión estratégica del talento para replantear la cultura organizacional y alinearla con las nuevas tecnologías.

La Inteligencia Artificial se aplica en distintos momentos de la cadena. Desde los procesos de perforación de pozos para reducir tiempos no productivos, pasando por el proceso de transformación del petróleo crudo reduciendo los escenarios posibles, y hasta en el contacto con los clientes finales.

Un ejemplo específico es el proyecto para el 2023 de la inauguración de una planta en Bilbao que contará con un gemelo digital. Esto permitirá recolectar y almacenar datos de la planta física. Luego, estos datos serán procesados por Inteligencia Artificial para dar soporte a los empleados (De la Cruz, 2021).

Miguel Gutiérrez Serra, Director Transformación de Refino de Repsol, (en De la Cruz, 2021) explica que equiparán a sus empleados con tecnología para tomar decisiones basadas en los datos mencionados anteriormente, en vez de hacerlo basándose en experiencias pasadas de cada uno.

Alfonso García de las Heras (en De la Cruz, 2021) menciona que quieren crear en sus plantas una cultura de diálogo entre las personas y las máquinas. En esta línea, indica que se equipará el complejo con sensores gracias al 5G y al IIoT para automatizar ciertas tareas.

Además de todo esto, como se lee en su sitio oficial, Repsol cuenta con una plataforma de analítica de datos e Inteligencia Artificial basada en la nube llamada ARiA. Gracias a ella se simplifica el uso de los datos para la toma de decisiones ya que cuenta con herramientas pensadas para distintos usuarios. Fue creada, inicialmente, para uso interno, para potenciar el uso de los datos de la compañía. Pero, actualmente, se está pensando en ofrecer la solución en el mercado para otras compañías.

Buenas prácticas en Argentina

En Argentina, aunque en menor medida, y de manera más heterogénea, se está dando un proceso similar de adopción tecnológica en las industrias productivas. En 2019, las tecnologías 4.0 eran aplicadas en menos del 10% de las empresas industriales (Albrieu, Basco, Brest López, de Azevedo, Peirano, Rapetti & Vienni, 2019). Sin embargo, estos autores resaltan la oportunidad de desarrollo del sector productivo que tiene este país gracias a los activos industriales con los que cuenta.

Como ejemplos de casos de empresas que hayan desarrollado o estén desarrollando en Argentina proyectos de transformación hacia la Industria 4.0, se hablará sobre Pepsico, Siemens y Andreani.

Pepsico

La empresa PepsiCo se encuentra en Argentina desde 1959 y es líder en el país en múltiples productos alimenticios (Pepsico Argentina, 2021). Parte de

su producción es elaborada en plantas propias, mientras que otra se realiza a través de terceras empresas.

El líder de Supply Chain de Pepsico en Argentina, Santiago Curutchet (en Perea Muñoz y Suarez Anzorena), da un pantallazo de lo que sucede en relación con la Industria 4.0 dentro de la empresa. Como objetivo principal, tienen el digitalizar la cadena de suministro, para integrar cada uno de los pasos y generar mayor visibilidad, tener un mejor control de su performance y alcanzar una mayor agilidad para poder adaptarse a los cambios de manera rápida.

Para eso, Curutchet explica que necesitan una coordinación de los procesos de planificación, abastecimiento, producción y distribución. Esto implica integrar eslabones no sólo internos, sino también externos como proveedores y clientes. Curutchet resalta esto como una dificultad. Sin embargo, Pepsico Argentina ya está implementando soluciones tecnológicas para lograrlo, por ejemplo, con algunos distribuidores, para lograr un manejo colaborativo del inventario (Perea Muñoz y Suarez Anzorena).

En cuanto a las tecnologías que incorporan, principalmente se encuentra la analítica de datos. A partir de la información que sale del procesamiento de los datos generados por la cadena, se van ajustando los planes. En esta línea, Curutchet contaba que sus próximos planes, al momento de la nota, eran avanzar en la interconexión de la cadena más cerca del cliente. Es decir, capturando datos de los sistemas de ventas y clientes para analizar de manera precisa la demanda.

Además, en esta empresa tampoco dejan de lado la sustentabilidad. Explican en el artículo de Perea Muñoz y Suarez Anzorena, que, gracias al IoT, buscan supervisar y controlar el consumo de agua, electricidad y gas, además de disminuir los desechos.

Siemens

Alejandro Kockritz, CEO de Siemens Argentina, explica que esta empresa asiste a otras en el paso a la Industria 4.0, buscando que las empresas con las

que trabajan incrementen la flexibilidad, la productividad y la reacción al mercado (en La Nación, 15 de septiembre de 2021).

Además de hablar de diferentes tecnologías que aplican para sus soluciones, como vehículos inteligentes, IoT, Big Data, destaca la importancia de la capacitación de los recursos humanos. En ese sentido, Siemens ha trabajado en conjunto con organismos gubernamentales para impulsar la Industria 4.0 y la digitalización (Siemens, 2020).

Como ejemplo, Kockritz (en La Nación, 2021) cuenta que han desarrollado planes de estudio enfocados en las nuevas tendencias tecnológicas industriales y educativas, contando incluso con la posibilidad de realizar prácticas en Siemens. Recalca que este programa es solo uno de los varios con los que cuenta la empresa para la capacitación de jóvenes profesionales.

Otro ejemplo es el convenio firmado con el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) en 2020. A través de este, según informan en un comunicado de prensa emitido por Siemens en 2020, se busca impactar directamente en el mundo industrial argentino. Entre algunas de las acciones mencionadas en el comunicado, se encuentran la facilitación del acceso de las pequeñas y medianas empresas a la tecnología, proyectos de investigación y de intercambio de conocimientos.

Andreani

El tercer caso de buenas prácticas en Argentina es la empresa local Andreani, líder en logística en el país, que cuenta con más de nueve mil empleados en Argentina y Brasil (La Nación, 2020). Ivan Amas, gerente comercial de Andreani, explica que la empresa se vio particularmente impulsada por el contexto mundial ya que el comercio electrónico presenta un crecimiento exponencial y sostenido (en La Nación, 2021).

Por esa razón, cuenta que Andreani realiza inversiones en tecnología para alcanzar sus objetivos de modernización y optimización de los procesos de logística para brindar un servicio cada vez mejor.

Para lograrlo, es clave la interconexión entre lo físico y lo digital de la que se hablaba anteriormente. En esta línea, algunos casos que Andreani ha

implementado son los Almacenes Automáticos Verticales (en las plantas de Benavídez y Malvinas Argentinas) y un clasificador automático de paquetes en la “Central Inteligente de Transferencia de Tigre”, donde se procesan más de 90.000 paquetes por día. El 92% de estos paquetes son procesados por el clasificador automático.

Alejandro Rinaldi (en La Nación, 2021), indica que, con esta tecnología, ahora pueden procesar en una hora de trabajo, la misma cantidad de paquetes que antes se clasificaban en un turno completo, multiplicando así por ocho la capacidad de procesamiento.

Estudio de caso

Como parte final del trabajo, se realizará un análisis sobre posibles implementaciones prácticas de los conceptos desarrollados hasta el momento. En base a la exposición teórica y de los ejemplos de buenas prácticas, se plantearán algunas ideas de aplicación de tecnologías de la industria 4.0 en el área de operaciones de una empresa específica y qué resultados se esperaría obtener.

Descripción de la empresa

La empresa seleccionada para realizar el estudio de caso es Profertil S.A., integrada en partes iguales por Nutrien Inc. e YPF SA. Esta empresa, con sede principal en Bahía Blanca, se dedica a la producción y comercialización mayorista de fertilizantes. Su red de distribución ([Anexo 2](#)) cubre gran parte de Argentina, principalmente de la zona centro y norte. De esta manera, pueden abastecer a todos sus clientes, productores agropecuarios, de manera eficiente ([Anexo 3](#)).

En el año 2000 se finalizó la construcción de la Planta de Producción en Ingeniero White que, actualmente, también funciona como centro de almacenaje y de despacho. Cuenta con 2 silos con una capacidad de almacenaje de 130000 toneladas, equivalente a la producción de 40 días, y un tanque que puede almacenar 20000 toneladas de amoníaco líquido. La capacidad de carga para

despacho es de 1250 toneladas por hora en barco y 480 toneladas por hora en trenes y camiones. Esta planta trabaja las 24 horas del día, los 365 días del año.

Además, la empresa cuenta con plantas logísticas en Puerto General San Martín (Santa Fe) y San Nicolás (Provincia de Buenos Aires), oficinas administrativas en Capital Federal y depósitos en Necochea y Loma Paraguaya (Provincia de Buenos Aires).

El proceso productivo de la empresa, según lo explicado en su sitio web, comienza con la transformación de agua, gas natural y aire, en amoníaco, gracias a condiciones especiales de temperatura y presión. Con parte del amoníaco se produce Urea, y, el resto, se comercializa para ser utilizado como refrigerante o materia prima de otras industrias. Para llegar a la urea granulada, al amoníaco se lo combina con dióxido de carbono y luego se la pasa por procesos de concentración hasta lograr la consistencia necesaria.

En los últimos años, Profertil le ha dado mucha importancia a la sustentabilidad y al manejo responsable de los recursos. Con sus productos, buscan reponer los nutrientes del suelo para que una misma cantidad de tierra pueda producir cada vez más alimentos y de mejor calidad. Es decir que sus productos apuntan a que sus clientes puedan producir más alimentos para satisfacer la demanda dada por el crecimiento de la población mundial, al mismo tiempo que se mejoran las condiciones del suelo.

Desde 2014, están comprometidos con seis de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la ONU: hambre cero, igualdad de género, trabajo decente y crecimiento económico, producción y consumo responsables, acción por el clima y alianzas para lograr los objetivos. Además, ofrecen capacitaciones, asesoramiento y servicios para los productores agropecuarios en cuanto al correcto uso de sus productos para el cuidado de los suelos y el desarrollo sustentable de su producción. Otra iniciativa en esta línea se da en materia energética: el 60% de su producción se realiza con energía proveniente de fuentes renovables.

En síntesis, Profertil es una empresa sobre la cual tiene sentido analizar los temas de este trabajo, porque, como se dejó ver en la descripción, es una

organización que busca innovar para mejorar sus prácticas. Además, el estar alineada con los ODS y desarrollar una sólida estrategia de sustentabilidad, demuestra su interés y compromiso con las tendencias mundiales.

Presentación del proceso a analizar

En este trabajo no nos enfocaremos en el proceso de producción sino en uno que, más allá de no ser el principal, es clave en la operación de la empresa.

Se trabajará sobre el proceso de administración de los almacenes de repuestos y elementos de mantenimiento. Es un proceso con varias etapas, que incluyen el aprovisionamiento, el almacenamiento y la entrega de los materiales a los usuarios solicitantes. Cualquier problema en la ejecución de este proceso, repercute en la operación de la planta, e incluso, puede llegar a obligar a frenar la producción.

Para conocer sobre este proceso, se realizaron entrevistas a Santiago Giménez, Coordinador de Compras y Almacenes de Profertil. El flujo de solicitud de un material comienza cuando un usuario interno detecta la necesidad de un repuesto ([Anexo 4](#)). En caso de que el repuesto necesario esté disponible en los almacenes, se le entrega. En caso de que el repuesto no esté disponible, se genera una reserva. Con esta reserva se hace el pedido al área de compras. Esta oficina hace la operación y al recibir el pedido se le entrega al usuario solicitante.

Podemos ver que en este proceso hay distintas personas y recursos que entran en juego. En primer lugar, tenemos al usuario solicitante, que son los empleados del área de mantenimiento. Ellos son quienes solicitan al sector de almacenes la codificación de un nuevo repuesto. También son quienes realizan los pedidos puntuales en casos extraordinarios.

En este proceso, es clave el manejo del nivel de stock en los almacenes para asegurar la disponibilidad y buen estado de los materiales. Cuentan con distintos tipos de almacenes organizados en módulos. La manera de clasificarlos es según el tamaño y la frecuencia de uso de los repuestos que se almacenan en cada uno.

El almacén principal es el que más cerca se encuentra de la planta operativa. En este se guardan los repuestos más chicos y de mayor rotación, para minimizar el movimiento. Por el contrario, más lejos, incluso en algunos casos fuera de la planta, se almacenan los repuestos que tienen muy baja rotación. Esto no significa que no sean importantes para la operación, incluso pueden ser críticos. No contar con disponibilidad de estos repuestos podría dejar la planta parada por un largo tiempo hasta lograr la reposición.

En la actualidad cuentan con más de 20000 ítems en stock, organizados en los almacenes previamente descritos. Dentro de los repuestos almacenados hay algunos que solo se piden a demanda y otros, más chicos y con mayor rotación, de los cuales se tiene un stock de seguridad. Esto significa que se mantiene constantemente un determinado nivel de stock.

Estos niveles mínimos de stock se establecen en base a distintos criterios. Por un lado, por recomendaciones de fabricantes. Al momento de comprar una máquina, la empresa fabricante detalla con cuáles repuestos es conveniente contar en los almacenes. Por otro lado, para los repuestos más sencillos y menos específicos, como una tuerca, se cuenta con el consumo histórico en SAP. Con esto pueden proyectar el consumo esperado.

Otra característica que diferencia los repuestos entre sí es la disponibilidad en el mercado. Algunos se consiguen fácilmente en el país e incluso en la misma ciudad donde se encuentra la planta. Pero otros solo se ofrecen en lugares específicos del mundo. Estos son en general repuestos de metales especiales capaces de resistir las altas temperaturas y presiones que se manejan en el proceso productivo de la empresa. Para estos repuestos, los tiempos de reposición son mayores porque dependen del proceso de importación y de los envíos.

Análisis de aplicación de IoT e Inteligencia Artificial en el proceso

Luego de la presentación del caso y de la empresa, podemos ver que el tiempo y la calidad de los procesos son clave para la operación de Profertil, que

opera sin parar durante todo el año. Detener las plantas significa una pérdida importante para la empresa. Por eso, el área de compras debe asegurar la disponibilidad de todos los recursos necesarios para que la operación fluya continuamente.

Gracias al IoT, se podría establecer un sistema de control del inventario en tiempo real a través del cual se genere una mayor cantidad y variedad de datos. Para esto, los almacenes deberían estar equipados con la tecnología necesaria para registrar automáticamente los materiales que se ingresan y transmitir los datos asociados a cada uno.

Nuevos tipos de datos que se podrían registrar sobre los elementos son, por ejemplo, la frecuencia de uso de cada repuesto, cuánto tiempo pasó entre que se generó la orden de compra y el repuesto ingresó al almacén, a qué precio fue adquirido, la cantidad de productos que llegan fallados, fechas de vencimiento de aquellos repuestos que cuentan con una.

Además, los operarios podrían consultar la disponibilidad de los repuestos y realizar los pedidos a los almacenes a través de dispositivos móviles que lleven consigo y conectados con el sistema de administración del inventario. De esta manera, se estaría evitando el desplazamiento de los operarios y la pérdida de tiempo que les significaría.

El IoT también se podría utilizar para integrar eslabones de la cadena de suministro externos a la empresa como se ejemplifica en los ejemplos de buenas prácticas. En este caso, la integración sería con los proveedores de los repuestos. Así, se podría sumar información como los tiempos entre la recepción de los pedidos, el despacho, etc., estado en tiempo real de los envíos y más, que pueden aportar valor al área de compras de Profertil.

Con esta gran cantidad de datos generados por el IoT, se podrían desarrollar sistemas basados en IA que beneficien a distintas partes de la organización. Una posible aplicación para aumentar la eficiencia del proceso seleccionado se relaciona con la generación de los pedidos de materiales.

En este caso, podría desarrollarse un sistema para predecir las necesidades de los repuestos. En este caso, se alimentaría de datos internos sobre el consumo de los materiales. El sistema incorporaría datos constantemente y aplicaría correcciones en tiempo real. Así, se podrían realizar pedidos de manera predictiva mucho más precisa, evitando tener un nivel mínimo de stock estático. Al ser más precisos con los pedidos, se contaría con justo lo necesario para la operación. Esto derivaría en no contar con stock de más, pero tener siempre disponibilidad de lo que se necesita y que los usuarios no tengan que esperar por un repuesto fuera de stock.

Este sistema sería un soporte para las tomas de decisiones del área de compras de la empresa. Para que se convierta en un activo que genere valor para la empresa, se requerirá de una integración efectiva entre la tecnología y las personas.

Para eso, se debería capacitar a los empleados que se verán impactados por la aplicación. Por un lado, los operarios de las plantas deberían ser entrenados en la utilización de los nuevos sistemas de pedidos y de control de inventario. Por otro lado, la capacitación para los empleados del área de compras tendría más que ver con el análisis de la información procesada por el sistema de IA y cómo utilizarla para obtener mejores resultados. Además, a nivel general, se debería desarrollar un plan de capacitación en nuevas formas de trabajar, para aumentar la participación y proactividad.

Este sistema traería múltiples beneficios a Profertil, principalmente, una mayor eficiencia en la gestión de los repuestos, tanto en tiempo como en costos, al contar con la disponibilidad justa de lo necesario para operar. Sumado a esto, la empresa reforzaría su camino a la modernización, solidificando la cultura de mejora continua y digitalización.

Análisis del impacto de la implementación de las tecnologías en las cadenas de suministro

A lo largo del desarrollo del trabajo se presentaron diferentes maneras en las que se puede dar la implementación de IoT e Inteligencia Artificial en los procesos de empresas industriales. Para poder analizar cómo impacta esto en las empresas, se dividirá en tres secciones.

Impacto en las operaciones

En primer lugar, nos encontramos con el impacto que tienen en el rendimiento operativo de las empresas. Según un estudio realizado por Calış Duman y Akdemir (2021), aplicar tecnologías de la Industria 4.0 lleva a una mejora en la rentabilidad, los costos, las ventas, el nivel de producción y utilización de la capacidad de la organización. Además, estos autores destacan que también se logra un aumento de la calidad del producto y de las condiciones laborales.

A través de los casos expuestos se pudo ver que la implementación de IoT e Inteligencia Artificial permite la disponibilidad inmediata de la información, generando mayor poder de reacción y controlabilidad de los procesos, además de visibilidad. Esto lleva a una mejora en la toma de decisiones en toda la cadena, siendo fundamentadas con datos. También gracias a la disponibilidad de información, las empresas pueden actuar de manera anticipada a los problemas, desafíos u oportunidades que puedan llegar a surgir en el futuro.

Todo lo mencionado lleva a una mayor integración de la empresa, potenciando el rendimiento de todas las áreas a través del uso de los datos de manera coordinada y compartida.

Impacto en los trabajadores

La Industria 4.0 también impacta directamente en los trabajadores de las empresas, generando una brecha entre sus capacidades y las necesidades de

su rol (Whysall, Owtram y Brittain, 2019). No solo se habla de habilidades técnicas, sino también de habilidades blandas, como la comunicación y colaboración.

Por lo tanto, surgen nuevas necesidades de desarrollo y de gestión de las personas. La tendencia mundial, según un estudio realizado por KPMG en 2019, es que las empresas buscarán capacitar en nuevas tareas a aquellos empleados cuyo puesto de trabajo se vea afectado por la implementación de la automatización. La mayoría de los encuestados respondió que el entrenamiento sería para que trabajen en nuevas necesidades del negocio (36%), mientras que otros plantean entrenarlos en el manejo de datos (22%) o en Machine Learning e Inteligencia Artificial (21%) (KPMG, 2019). Solo el 14% respondió que terminaría el vínculo con estos empleados.

Es decir que los roles dentro de los procesos se modificarían. Como se pudo ver anteriormente, los involucrados directamente con la operación diaria de los procesos se convertirán en participantes más activos. Y esto genera beneficios para la empresa, ya que las iniciativas de productividad y eficiencia se benefician de aportes *bottom-up* provenientes de empleados especializados que conocen de cerca cada proceso (Kim, Sting y Loch, Sting y Loch, Anand, Ward y Tatikondaen & von Hippel en Schneider y Sting, 2020).

Sin embargo, para que esto se logre, es crítico que los empleados estén comprometidos con las iniciativas y cambios que se quieran implementar (Ford y Ford, Piderit & Choi en Schneider y Sting, 2020). Es decir que, para que se alcancen todos los beneficios, debe haber una correcta implementación que contemple no solo la tecnología, sino también las personas involucradas.

Gestión del cambio

Como la tendencia de las empresas es capacitar a los empleados para adaptarse a las nuevas formas de trabajar, se entiende que la posición de las empresas será la de guiar el cambio organizacional que se generará por la implementación de las nuevas tecnologías.

Ulrich D. (1997) plantea que no alcanza solo con definir una cultura organizacional, sino que el desafío es adaptarlas constantemente. Claramente esto aplica al mundo de la Industria 4.0, que, como se vio a lo largo del trabajo, presenta cambios constantes.

En relación con esto, Hizam-Hanafiah, Soomro, Abdullah y Jusoh (2021), hablan de *change readiness* como clave para las empresas en la Industria 4.0 (Jabbour et al. en Hizam-Hanafiah, Soomro, Abdullah y Jusoh, 2021). Es decir, que las organizaciones estén preparadas para enfrentar los cambios que puedan surgir, tanto dentro de la empresa como en el entorno. El concepto de *change readiness* implica la necesidad de que el compromiso de llevar adelante cambios organizacionales sea compartido por todos los integrantes de la empresa (Weiner en Hizam-Hanafiah, Soomro, Abdullah y Jusoh, 2021)



Universidad de
San Andrés

Conclusión

Conclusiones del trabajo

Como se ha visto a lo largo del trabajo, la Industria 4.0 plantea un cambio de paradigma en cuanto a la organización, ejecución y evaluación de las cadenas de suministro. A través del procesamiento con Inteligencia Artificial de los datos generados por IoT, se pueden cubrir las necesidades de las cadenas de suministro actuales y alcanzar los objetivos de las empresas.

La Industria 4.0 revoluciona las organizaciones, obligándolas no solo a implementar nuevas tecnologías, si no también a cambiar la cultura de trabajo. La industria actual requiere un pensamiento colaborativo, proactivo y de mejora continua, que pueda adaptarse rápidamente según el contexto.

Se presentan tanto oportunidades como desafíos, pero lo seguro es que las empresas deben plantear una estrategia de digitalización y modernización para poder mantenerse vigentes ya que los cambios serán cada vez más frecuentes y rápidos. El campo de la gestión de las cadenas de suministro tiene grandes oportunidades de innovación y crecimiento en el contexto de la Industria 4.0 y las revoluciones que puedan darse en el futuro sobre ella.

Desafíos y futuro

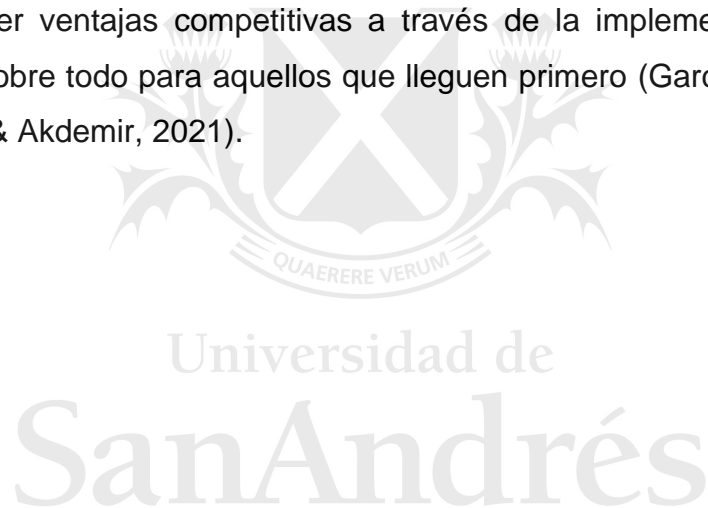
Un desafío actual planteado por Chui, Manyika y Miremadi (2018) es la dificultad de obtener grandes cantidades de datos para entrenar los sistemas de Inteligencia Artificial para que funcionen de manera precisa, y que, en caso de contar con ellos, requieren mucho trabajo para etiquetarlos y que estén listos para el procesamiento.

Sin embargo, se proyecta que el valor de mercado del Internet de las Cosas Industrial crecerá constantemente los próximos años (Statista, 2020), lo que significa que habrá cada vez más objetos interconectados en las plantas industriales generando datos. Para esto, también es clave el 5G, que actuará como facilitador de la industria 4.0 (Varga, Peto et al, 2020) ya que el IIoT requiere ciertas características de tecnología de comunicaciones. Se estima que

el 21% del valor de mercado mundial de la tecnología móvil en 2025 corresponderá al 5G, seguido por un 57% al 4G (GSMA, 2021).

Al mismo tiempo, la Inteligencia Artificial también se encuentra en crecimiento, proyectándose que el tamaño de mercado de la inteligencia artificial a nivel mundial en 2025 sea casi el cuádruple que en 2021 (Statista, 2021). Más específicamente, también se espera que la inversión en automatización robótica/inteligente de procesos y operaciones de Inteligencia Artificial crezca hacia 2023 (HFS Research, 2020).

Con lo expuesto, se puede reafirmar que las organizaciones tendrán la necesidad de digitalizar sus cadenas de suministro e incorporar los conceptos de la Industria 4.0 para mantenerse en el mercado. Sin embargo, también pueden obtener ventajas competitivas a través de la implementación de las tecnologías, sobre todo para aquellos que lleguen primero (García & García en Caliş Duman & Akdemir, 2021).



Bibliografía

Albrieu R., Basco, A. I., Brest López, C., de Azevedo, B., Peirano, F., Rapetti, M., Vienni, G. (2019). Travesía 4.0: Hacia la transformación industrial argentina. CIPPEC. Recuperado de: [TRAVESÍA 4.0:](#)

Amaba, B., Clark, V., Cross D., & McMahon M. (2020). AI technology changing the future by enabling Manufacturing 4.0. *ISE Magazine*, 52(4), 28-35.

APQC & Center for Global Enterprise. (2017). Colgate-Palmolive Company. Driving Change through Measuring the Digital Supply Chain.. Recuperado de: <https://www.dscinstitute.org/assets/documents/Colgate-Palmolive-case-study-08222017-approved.pdf>.

Ben-Daya, M., Hassini, E., & Bahrour, Z. (2017). Internet of things and supply chain management: A literature review. *International Journal of Production Research*, 57(15-16), 4719-4742.

Brand Finance. (30 de abril de 2021). Brand value of the leading 10 cosmetic brands worldwide in 2021 (in billion U.S. dollars) [Gráfico]. En Statista. Recuperado de: <https://www-statista-com.eza.udesa.edu.ar/statistics/243722/brand-value-of-the-leading-15-cosmetic-brands-worldwide/>

Calış Duman, & Akdemir, B. (2021). A study to determine the effects of industry 4.0 technology components on organizational performance. *Technological Forecasting & Social Change*, 167, 120615. Recuperado de: <https://www-sciencedirect-com.eza.udesa.edu.ar/science/article/pii/S0040162521000470?via%3Dihub>

Christopher, M. & Lee, H. (2004). Mitigating supply chain risk through improved confidence. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 34(5), 388-396.

Chui, M., Manyika J., Miremadi, M. (2018). What AI can and can't do (yet) for your business. *McKinsey Quarterly*. Recuperado de: [What AI can and can't do \(yet\) for your business](#)

Colgate-Palmolive. (18 de febrero de 2021). Total net sales of Colgate-Palmolive worldwide from 2011 to 2020 (in million U.S. dollars) [Gráfico]. En Statista. Recuperado de: <https://www-statista-com.eza.udesa.edu.ar/statistics/321650/total-net-sales-of-colgate-palmolives-worldwide/>

Colgate-Palmolive. (18 de febrero de 2021). Total number of employees of Colgate-Palmolive worldwide from 2005 to 2020 [Gráfico]. En Statista. Recuperado de: <https://www-statista-com.eza.udesa.edu.ar/statistics/441240/number-of-colgate-palmolive-employees-worldwide/>

Conocé cómo es la logística para que los envíos lleguen a tu casa. (2021). *La Nación*. Recuperado de: [Conocé cómo es la logística para que los envíos lleguen a tu casa](#)

Da Silva, V. L., Kovalski, J. L., & Pagani, R. N. (2018). Technology transfer in the supply chain oriented to industry 4.0: A literature review. *Technology Analysis & Strategic Management*, 31(5), 546-562.

De la Cruz, J. (2021). Inteligencia Artificial y “big data” corazón de la refinería del futuro. *El País*. Recuperado de: [Inteligencia artificial y 'big data', corazón de la refinería del futuro](#)

Dwayne Whitten, G., Green, K.W. & Zelbst, P.J. (2012). Triple-A supply chain performance. *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 32 No. 1, pp. 28-48. Recuperado de: <https://doi.org/10.1108/01443571211195727>

Essencia. (17 de mayo de 2016). *Industry 4.0 at L'Oréal (Libramont): logistics automatisation*. [Archivo de Vídeo]. Recuperado de: [Industry 4.0 at L'Oréal \(Libramont\): logistics automatisation](#)

Garay-Rondero, C. L., Martinez-Flores, J. L., Smith, N. R., Caballero Morales, S. O., & Aldrette-Malacara, A. (2019). Digital supply chain model in

Industry 4.0. *Journal of Manufacturing Technology Management*, Vol. Ahead-of-print No. Ahead-of-print.

Gartner. (2021). Gartner Announces Rankings of the 2021 Supply Chain Top 25. *Gartner Press Release*. Recuperado de: [Gartner Announces Rankings of the 2021 Supply Chain Top 25](#)

Goodfellow, I., Bengio Y., Courville, A. (2016). Deep Learning. *MIT Press*. Recuperado de: <http://www.deeplearningbook.org>

Grupo REPSOL. (2020). Informe de Gestión Integrado. Recuperado de: [Informes anuales - Información económica y financiera](#)

GSMA Intelligence. (30 de marzo de 2021). Distribución de los accesos a redes de internet móviles en América Latina en 2020 y 2025, por generación [Gráfico]. En Statista. Recuperado de: <https://es-statista-com.eza.udesa.edu.ar/estadisticas/933862/internet-movil-accesos-a-redes-2g-3g-4g-y-5g-en-america-latina/>

GSMA. (7 de julio de 2021). Market share of mobile telecommunication technologies worldwide from 2016 to 2025, by generation [Gráfico]. En Statista. Recuperado de: <https://www-statista-com.eza.udesa.edu.ar/statistics/740442/worldwide-share-of-mobile-telecommunication-technology/>

Haddud, A., DeSouza, A., Khare, A., & Lee, H. (2017). Examining potential benefits and challenges associated with the Internet of Things integration in supply chains. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 28(8), 1055-1085.

HFS Research. (2020). Robotic/intelligent process automation (RPA/IPA) and artificial intelligence (AI) automation spending worldwide from 2016 to 2023, by segment (in billion U.S. dollars) [Gráfico]. In Statista. Recuperado de: <https://www-statista-com.eza.udesa.edu.ar/statistics/740436/worldwide-robotic-process-automation-artificial-intelligence-spending-by-segment/>

Hizam-Hanafiah M., Soomro M.A., Abdullah N.L., Jusoh M.S. (2021). Change readiness as a proposed dimension for Industry 4.0 readiness models. *LogForum* (Poznań, Poland), 17(1), 83-96. Recuperado de: <https://www.proquest.com/docview/2537689423?accountid=28034&parentSessionId=0omnEfjpYngmKpteU8SxHhUJTRHZvqD3ppfb67i%2BDvU%3D&pq-origsite=primo>

Industria 4.0. La transformación digital como ventaja competitiva para las empresas y las economías de los países. (15 de septiembre de 2021). *La Nación*. Recuperado de: [Industria 4.0. La transformación digital como ventaja competitiva para las empresas y las economías de los países](#)

Kantar Millward Brown. (30 de junio de 2020). Brand value of the leading personal care brands worldwide in 2020 (in million U.S. dollars). En Statista. Recuperado de: <https://www-statista-com.eza.udesa.edu.ar/statistics/273236/brand-value-of-the-leading-personal-care-brands-worldwide/>

Koh, L., Orzes, G., & Jia, F. (2019). The fourth industrial revolution (Industry 4.0): Technologies disruption on operations and supply chain management. *International Journal of Operations & Production Management*, 39(6/7/8), 817-828.

KPMG. (2019). Managing strategies for displaced workforce as a result of deploying intelligent automation (IA) technologies in organizations worldwide as of 2019 [Gráfico]. En Statista. Recuperado de: <https://www-statista-com.eza.udesa.edu.ar/statistics/1045026/worldwide-intelligent-automation-impact-workforce-solution/>

Krajewski, L., Ritzman, L., & Malhotra, M. (2008). *Administración de operaciones* (8E). México: Pearson Educación.

Lampropoulos, G., Siakas, K., & Anastasiadis, T. (2019). INTERNET OF THINGS IN THE CONTEXT OF INDUSTRY 4.0: AN OVERVIEW. *International Journal of Entrepreneurial Knowledge*, 7(1), *International journal of entrepreneurial knowledge*, 2019-06-30, Vol.7 (1).

López Garzón, W., & Cárdenas López, J. (2019). Tecnología internet of things (IoT) y el big data. *Mare Ingenii. Ingenierías*, 1(1), 73-79. Recuperado de: <http://cipres.sanmateo.edu.co/index.php/mi/article/view/213>

López de Mántaras Badia, R. y Meseguer González, P. (2017). Inteligencia artificial. Madrid, Spain: Editorial CSIC Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Recuperado de <https://elibro-net.eza.udesa.edu.ar/es/ereader/udesa/42319?page=7>

L'Oréal. (2017). Operational excellence and cost management create value. *L'Oréal 2017 Annual Report*. Recuperado de: <https://www.loreal-finance.com/en/annual-report-2017/operations/operational-excellence-cost-management-production>

L'Oréal. (2017). Improving agility, from prototyping to distribution. *L'Oréal 2017 Annual Report*. Recuperado de: [L'Oréal 2017: Improving agility, from prototyping to distribution](https://www.loreal-finance.com/en/annual-report-2017/operations/improving-agility-from-prototyping-to-distribution)

L'Oréal. (2018). How the beauty industry is being transformed by technological innovation. *L'Oréal 2018 Annual report*. Recuperado de: [How the beauty industry is being transformed by technological innovation](https://www.loreal-finance.com/en/annual-report-2018/how-the-beauty-industry-is-being-transformed-by-technological-innovation)

L'Oréal Groupe. (14 de marzo de 2019). *Behind the Scenes of Beauty: The digital in factories #8 EN* [Video]. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=IYeCJCTLs48&t=11s>

L'Oréal Groupe. (14 de marzo de 2019). *Behind the Scenes of Beauty: a responsible factory in Spain* [Video]. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=VyLYXs36oGE>

L'Oréal. (17 de marzo de 2021). Consolidated sales of L'Oréal worldwide from 2009 to 2020 (in million euros) [Gráfico]. En Statista. Recuperado de: <https://www-statista-com.eza.udesa.edu.ar/statistics/243986/consolidated-sales-of-loreal-worldwide/>

L'Oréal. (17 de marzo de 2021). Total number of employees of L'Oréal worldwide from 2010 to 2020 [Gráfico]. En Statista. Recuperado de: [https://www-](https://www-statista-com.eza.udesa.edu.ar/statistics/243986/total-number-of-employees-of-loreal-worldwide/)

statista-com.eza.udesar.edu.ar/statistics/259262/total-number-of-employees-of-loreal-worldwide/

Los 75 años de Andreani: de Casilda a convertirse en la compañía líder de logística del país. (15 de diciembre de 2020). *La Nación*. Recuperado de: <https://www.lanacion.com.ar/economia/los-75-anos-andreani-casilda-convertirse-compania-nid2489426/>

Martins, F. C., Simon, A. T., & Campos, R. S. (2020). Supply Chain 4.0 challenges. *Gestão & Produção*, 27(3), e5427. <https://doi.org/10.1590/0104-530x5427-20>

Pfohl, H.C., Yahsi, B. & Kurnaz, T. (2015). The Impact of Industry 4.0 on the Supply Chain. Publicado en: Kersten, W., Blecker, T. & Ringlw C. M. (2015). *Innovations and Strategies for Logistics and Supply Chains*.

Pepsico. <http://www.pepsicoargentina.com/Company/pepsico-argentina>

Perea Muñoz, L. & Suarez Anzorena, D. Centro de Industria 4.0 Universidad Austral (Noticias). Recuperado de: <https://www.austral.edu.ar/industria/cadenas-de-suministro-cita-con-la-transformacion-digital/>

Profertil. <https://www.profertil.com.ar/>

Ransbotham, S., Khodabandeh, D., Kiron, D., Candelon, F., Chu, M. & LaFountain, B. (2020). Expanding AI's Impact With Organizational Learning. *MIT Sloan Management Review* and Boston Consulting Group. Recuperado de: [Expanding AI's Impact With Organizational Learning](#)

Repsol. (2021). Repsol to Commercialize ARiA, its big data and AI platform. Recuperado de: [Repsol to commercialize ARiA, it's big data and AI platform](#)

Sanders, A., Elangeswaran, C., & Wulfsberg, J. (2016). Industry 4.0 Implies Lean Manufacturing: Research Activities in Industry 4.0 Function as Enablers for Lean Manufacturing. *Journal of Industrial Engineering and*

Management, 9 (3), 811-833. Recuperado de:
<http://www.jiem.org/index.php/jiem/article/view/1940>

Schneider P., & Sting, F. J. (2020). Employees' Perspectives on Digitalization-Induced Change: Exploring Frames of Industry 4.0. *Academy of Management Discoveries*, 6(3), 406–435. Recuperado de: <https://web-p-ebscohost-com.eza.udesa.edu.ar/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=1&sid=7b0473a5-13a4-4554-a311-f36398f6c49f%40redis>

Schniederjans, D. G., Curado, C., & Khalajhedayati M. (2019). Supply chain digitalisation trends: An integration of knowledge management. *International Journal of Production Economics*, 220. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.07.012>

Siemens. (2021). Siemens en Argentina. Tecnología que tranforma el día a día. *Siemens*. Recuperado de: [Brochure Siemens Argentina 2021](#)

SIEMENS (2020, 11 de octubre). *Convenio Marco de Colaboración entre el INTI y Siemens Argentina* [Comunicado de prensa]. <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:bfea93bd-a9ae-4531-97ab-8e8e33aef938/convenio-inti-siemens.pdf>

Statista. (30 de abril de 2021). Tamaño del mercado de la inteligencia a nivel mundial de 2018 a 2025 (en miles de millones de dólares) [Gráfico]. En Statista. Recuperado de: <https://es-statista-com.eza.udesa.edu.ar/estadisticas/1139768/inteligencia-artificial-vaolr-de-mercado/>

Statista. (6 de marzo de 2020). Valor de mercado del Internet de las cosas industrial a nivel mundial de 2017 a 2025, por área geográfica (en miles de millones de dólares) [Gráfico]. En Statista. Recuperado de: <https://es-statista-com.eza.udesa.edu.ar/estadisticas/1157887/tamano-de-mercado-global-del-iot-industrial-por-region-del-mundo/>

Taliaferro, A., Guenette C. A., Agarwal, A., Pochon, M. (2016). Industry 4.0 and distribution centers. Transforming distribution operations through innovation. *Deloitte University Press*. Recuperado de: [Industry 4.0 and distribution centers](#)

Ulrich D. (1997). Convertirse en un agente del cambio. En *Recursos Humanos Champions* (pp. 249-306) . Granica.

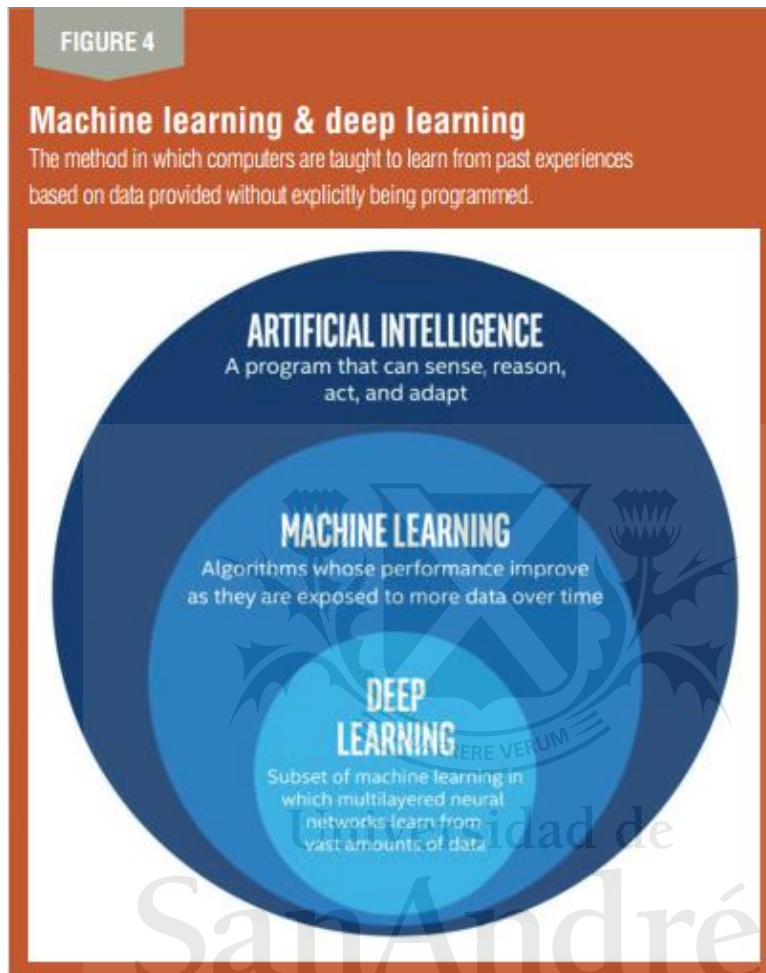
Varga, P., Peto, J., Franko, A., Balla, D., Haja, D., Janky, F., Soos, G., Ficzer, D., Maliosz, M., & Toka, L. (2020). 5G support for Industrial IoT Applications - Challenges, Solutions, and Research gaps. *Sensors* (Basel, Switzerland), 20(3), 828. Recuperado de: <https://web-s-ebsohost-com.eza.udesa.edu.ar/ehost/detail/detail?vid=0&sid=8fbdf7d-c1f5-4f4f-9b35-aa497124c4c6%40redis&bdata=Jmxhbm9ZXMmc2l0ZT1laG9zdC1saXZI#AN=141759110&db=asn>

Whysall, Z., Owtram, M., & Brittain, S. (2019). The new talent management challenges of industry 4.0. *The Journal of Management Development*, 38(2), 118-129. Recuperado de: <https://www.proquest.com/docview/2203060996?accountid=28034&parentSessionId=i9NobmX0qlpvbIHq%2BddVmDZ174ABmxjylOnutxAdd%2BE%3D&pq-origsite=primo>

Witkowski, K. (2017). Internet of Things, Big Data, Industry 4.0 – Innovative Solutions in Logistics and Supply Chains Management. *Procedia Engineering*. 182, 763-769. Recuperado de: [Internet of Things, Big Data, Industry 4.0 – Innovative Solutions in Logistics and Supply Chains Management](#).

Anexos

Anexo 1



Fuente: Amaba, B., Clark, V., Cross D., & McMahon M. (2020). Machine learning & Deep learning. [Gráfico]. Recuperado de: https://udesaprimo.hosted.exlibrisgroup.com/permalink/f/1heosvd/TN_cdi_proquest_reports_2403310146

[Volver al texto](#)

Anexo 2

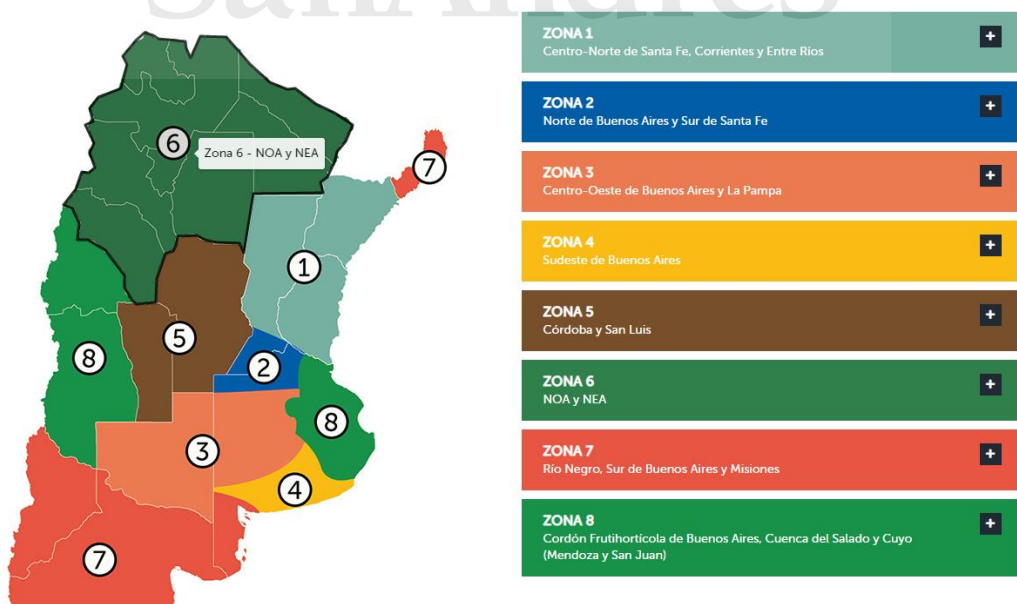


Fuente: Profertil. 2021. Mapa. Recuperado de:
<https://www.profertil.com.ar/index.php/productos-y-servicios/red-de-distribucion/>

[Volver al texto](#)

Anexo 3

Universidad de
San Andrés



Fuente: Profertil. 2021. Mapa. Recuperado de:
<https://www.profertil.com.ar/index.php/productos-y-servicios/atencion-regional/>

[Volver al texto](#)

Anexo 4

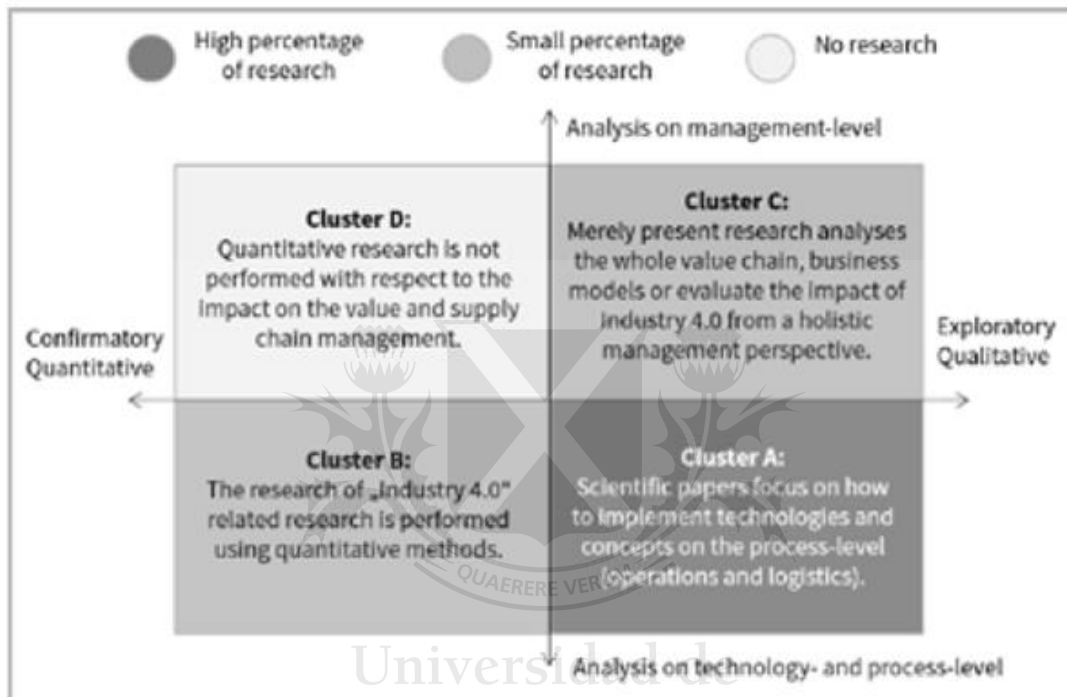


Figure 1 Clustering the research-fields with respect to "Industry 4.0"

Fuente: Pfohl, H.C., Yahsi, B. & Kurnaz, T. (2015). The Impact of Industry 4.0 on the Supply Chain. Publicado en: Kersten, W., Blecker, T. & Ringlw C. M. (2015). *Innovations and Strategies for Logistics and Supply Chains*.

[Volver al texto](#)